156A形
デジタルボルトオームメータ

取扱説明書

菊水電子工業株式会社

― 保証 ―

この製品は、菊水電子工業株式会社の厳密な試験・検査を経て、その性能が規格を満足していることが確認され、お届けされております。

弊社製品は、お買上げ日より１年間に発生した故障については、無償で修理いたします。但し、次の場合には有償で修理させていただきます。

1. 取扱説明書に対して誤ったご使用および使用上の不注意による故障・損傷。
2. 不適当な改造・調整・修理による故障および損傷。
3. 天災・火災・その他外部要因による故障および損傷。

なお、この保証は日本国内に限り有効です。

― お願い ―

修理・点検・調整を依頼される前に、取扱説明書をもう一度お読みになった上で再度点検していただき、なお不明な点や異常がありましたら、お買上げもとまたは当社営業所にお問い合せください。

目 次

1. 概　　説

菊水電子156A形は積分形によるパルス幅変換方式を採用したデジタルボルトオームメータで，±0.000V〜1000Vの直流電圧および0.000kΩ〜30.00MΩの抵抗を高精度で測定でき次のような特徴をもっています。

* ダイナミックレンジが広く，10進4桁で最大「3000」までレンジを切換えることなく測定でき，「3000」以上の入力があると「OVER」表示が行われます。
* とくに小形軽量に設計されていますのでベンチスペースをとらず空間を有効に利用でき，取扱いも非常に簡単です。
* 測定速度は10サンプリング／秒と速く，極性の切換えは自動的に行われ，記憶回路によるフリッカの少ない表示方式になっています。
* 確度は直流電圧計として表示値±(0.1%+1 digit)，抵抗計として±(0.2%+1 digit)と高く，入力端子はケースよりフローティングされています。
* 回路は全く電磁機構部品を使用せず，シリコントランジスタおよび集積回路を大幅に採用した信頼性の高い構成になっています。

2.　仕　　　様

方　　式　　積分形パルス変換方式

直流電圧測定

測定範囲	±0.000V〜1000V　（最大）
レンジ	±3V/30V/300V/1000Vの4レンジ
確　度	表示値の±（0.1%+1digit）15°〜35℃ ±（0.15%+2digit）　0°〜15℃　35°〜40℃
最高感度	1mV/digit
極　性	正および負，自動表示
入力抵抗	全レンジ　10MΩ　一定

抵抗測定

測定範囲	0.000kΩ〜30.00MΩ
レンジ	3kΩ/30kΩ/300kΩ/3MΩ/30MΩの5レンジ
確　度	3kΩ〜3MΩレンジ：±（0.2%+1digit）15℃〜35℃ 30MΩレンジ：±（0.5%+1digit）　〃 3kΩ〜3MΩレンジ：±（0.3%+2digit）0℃〜15℃，35℃〜40℃ 30MΩレンジ　：±（1%+2digit）湿度R.H″75%以下
測定電流	3kΩレンジ　1mA 30kΩレンジ　100μA 300kΩレンジ　10μA 3MΩレンジ　1μA 30MΩレンジ　100nA

サンプリング速度　　10サンプリング/sec

表示時間　　0.4 sec

最大表示　　「3000」

オーバレンジ表示　　「3000」

入力端子	ケースに対してフローティング可能，DC 250V最大
ホールド	パネル面スイッチにより操作可能
電　源	100V±10%。50/60Hz　約20VA
寸　法	130(W)×160(H)×265(D)mm
(最大部)	130(W)×180(H)×290(D)mm
重　量	約3.5kg
付属品	取扱説明書　1

3. 使　用　法

3.1 前面パネルおよび後面の説明（第3－1図を参照して下さい）

① POWER　電源を開閉するプッシュボタンスイッチでボタンを押して中にロックされた状態で電源が入り，再びボタンを押すと電源が切れます。

② RANGE　パネル中央のツマミで，時計回転により±3V，30V，300V，1000Vさらに回転して3kΩ，30kΩ，300kΩ，3MΩ，30MΩレンジになっています。

③ VOLTS.H.L　被測定電圧を印加する入力端子で，H端子（赤色）に測定電圧のハイ．インピーダンス側を，L端子（黒色）にロー。インピーダンス側をそれぞれ接続します。

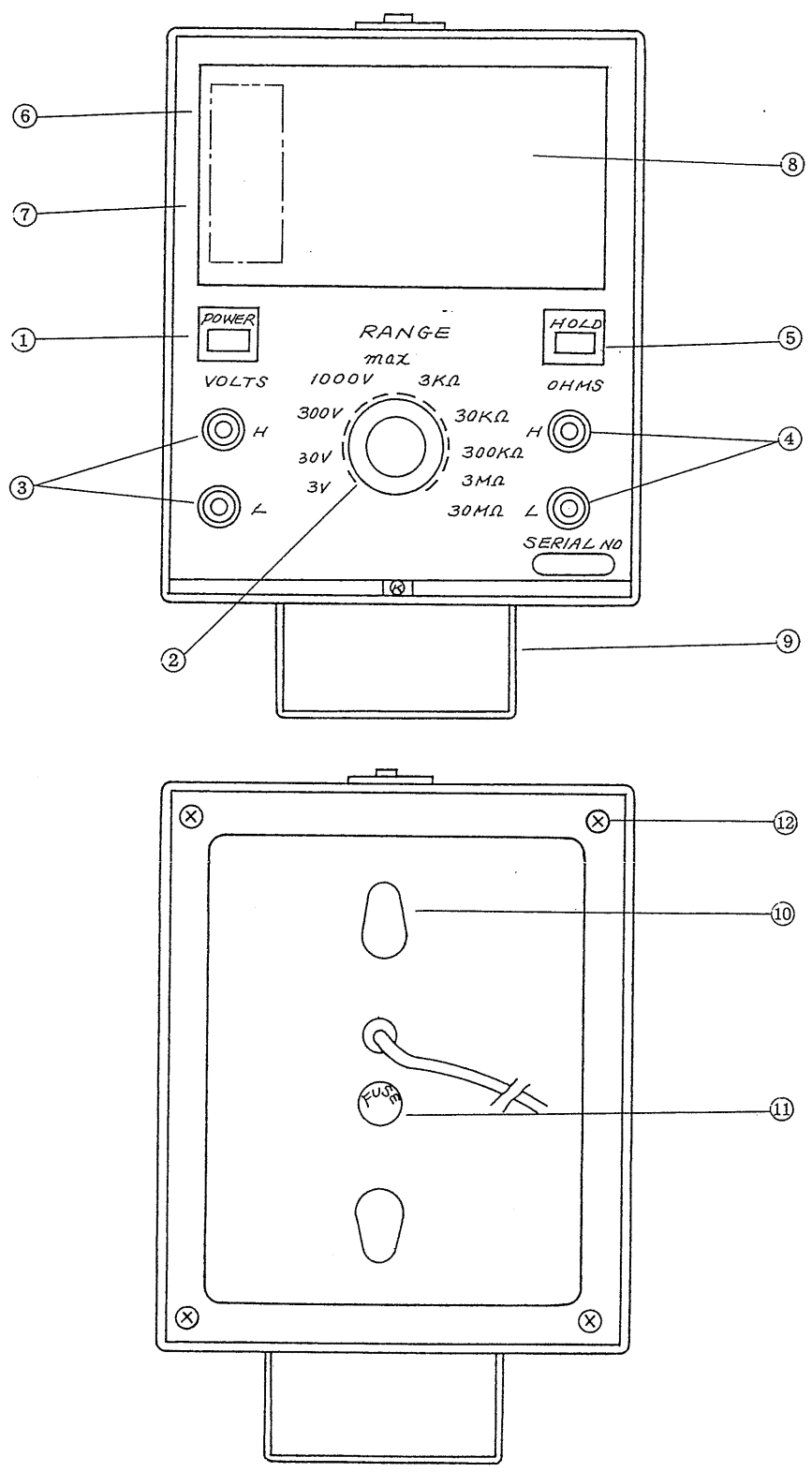
④ OHMS.H.L　被測定抵抗を接続する端子で，測定すべき抵抗素子などが回路に組込まれている場合はH端子（赤色）に回路のハイ．インピーダンス側を，L端子（黒色）にロー。インピーダンス側をそれぞれ接続します。

⑤ HOLD　測定した表示値を入力にかかわらず一定に保持するときにこのプッシュボタンを押し，ロックされた状態でホールドされ，再び押すと測定状態になります。

⑥ OVER　オーバレンジを表示するもので設定したレンジにおいて3000以上の値で「OVER」が表示されます。

⑦ +，－ kΩ,MΩ　測定電圧の極性表示および抵抗計の単位を表示するものでレンジ切換に応じて，該当する単位が示されます。

⑧ 数字表示器	放電表示管による4桁10進数で小数点が内蔵され，レンジ切換に応じて該当する小数点が点灯します。
⑨ 傾　斜　台	本器をベンチ上に置いたときに必要に応じこの傾斜台を手前に起して使用します。
⑩ コ ー ド 巻	本器を保管するときにコードを巻付けます。
⑪ ヒューズホルダ	0.5Aのスローブローヒューズが入れてあります。
⑫ ケース止ネジ	内部のシャッシをケースに固定しているネジで，ケースを開けるときにこの止ネジをはずします。

POWER
RANGE
max
HOLD
VOLTS
1000V
3KΩ
OHMS
300V
30KΩ
H
30V
300KΩ
3V
3MΩ
L
30MΩ
SERIAL NO
FUSE
承認
校正
菊水電子工業株式会社 取扱説明書書式
NP—32635 B
70.10 100. 30 S.12/7/70.
作成
年月日
仕様番号
S-90013

第3－1図

3.2　準　　備

1）電源コードを商用電源，100V　50／60Hzに接続して下さい。

2）電源スイッチを投入します。投入直後より数10秒間は表示が変動しますが，これは電源投入による過度現象によるもので本器の異状ではありません。

3）本器は電源投入後約5分ぐらいで使用できますが，確度を要求する場合は約30分〜1時間程度のウォームアップすることをお勧めします。

4）「HOLD」をOFFの位置にします。もしOFFの位置になっていない場合は測定ができません。

3.3　操　　作

直流電圧測定

1）パネル面，左側にある入力端子H（赤色）に被測定電源のハイ・インピーダンス側を端子L（黒色）にロー・インピーダンス側をそれぞれ接続します。とくに測定用のリード線が長い場合は絶縁の良好なシールド線の使用をお勧めします。

2）あらかじめ測定すべき電圧が大体わかっている場合は第3－1表のようにレンジを選択し，全く不明の場合は1000Vレンジより順次レンジを降下させていき，表示が「3000」以下になるようにレンジを切換えます。

注　本器は操作上のあやまりで3Vレンジに1000Vmaxが万一印加されても保護回路により損傷しませんが，故意による過入力はさけて下さい。

レンジ	測定電圧　(V)
3V	0.000　〜　3.000
30V	3.00　〜　30.00
300V	30.0　〜　300.0
1000V	300　〜　1000.

第3－1表

抵抗測定

1) パネル面右側にある入力端子H（赤色）に被測定抵抗のハイ．インピーダンス側を端子L（黒色）にロー．インピーダンス側を接続します。とくに低抵抗レンジの場合はリード線の長さを，高抵抗の場合はリード線の絶縁に注意して下さい。

2) あらかじめ測定すべき抵抗値が大体わかっている場合は第3－2表のようにレンジを選択し，全く不明の場合は30MΩ レンジより順次レンジを降下させていき，表示が「3000」以下になるようにレンジを切換えます。

レンジ	測定抵抗値 （kΩ，MΩ）
3 kΩ	0.000 kΩ～ 3.000 kΩ
30 kΩ	3.00 kΩ～ 30.00 kΩ
300 kΩ	30.0 kΩ～ 300.0 kΩ
3 MΩ	0.300 MΩ～ 3.000 MΩ
30 MΩ	3.00 MΩ～ 30.00 MΩ

第3－2表

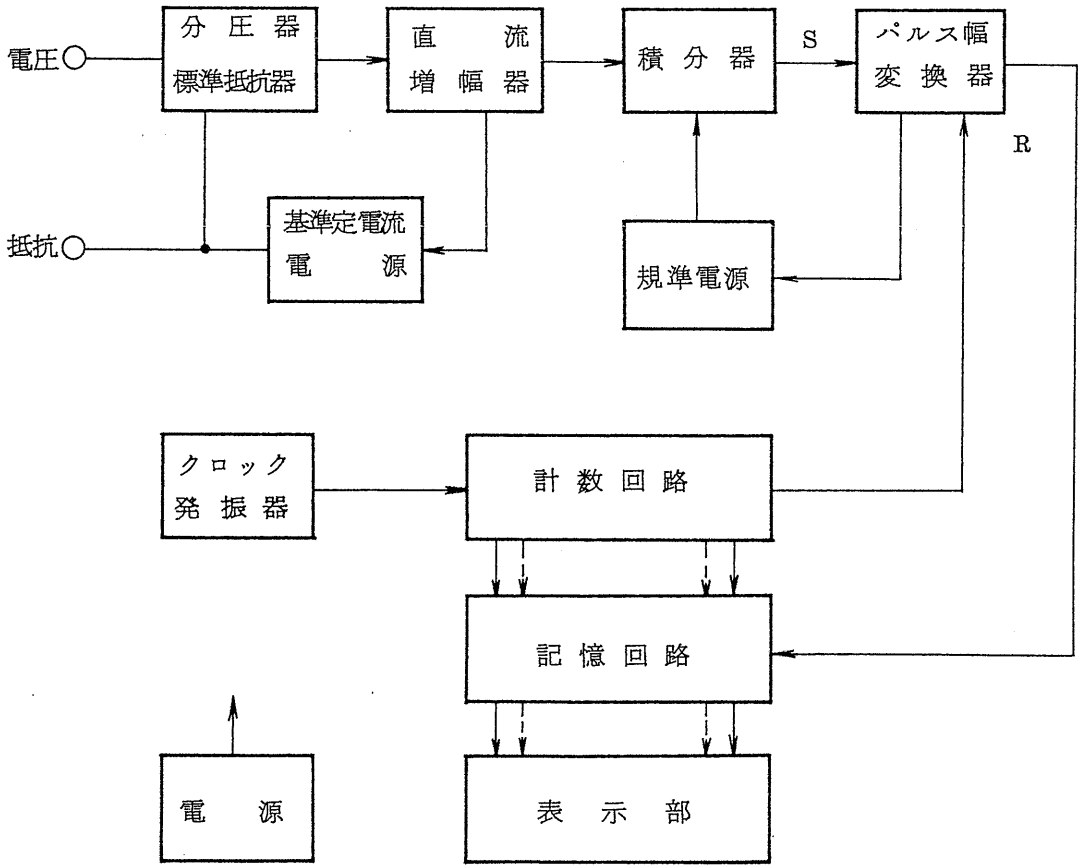
測定の保持

測定結果を保持させる場合は「HOLD」プッシュボタンをON（ボタンがロックされて中に入った状態）にします。正確に測定値を保持させるには本器の応答時間を考慮して表示が一定値になってから保持の操作をします。

4.　動　作　原　理

4.1　動作概要

156A形デジタルボルトオームメータは入力電圧を電流変換したのち基準電源と共に積分し，入力電圧に比例したパルス幅に変え，計数器によりパルス幅を計数する積分形パルス変換方式を採用しています。したがって入力電圧に重畳した雑音成分を除去する性能が良く，安定な測定ができます。また抵抗測定は標準抵抗を基準とした定電流電源より被測定抵抗に電流を流し，その端子電圧を測定しています。

第4－1図に本器のブロックダイアグラムを示します。

第4－1図

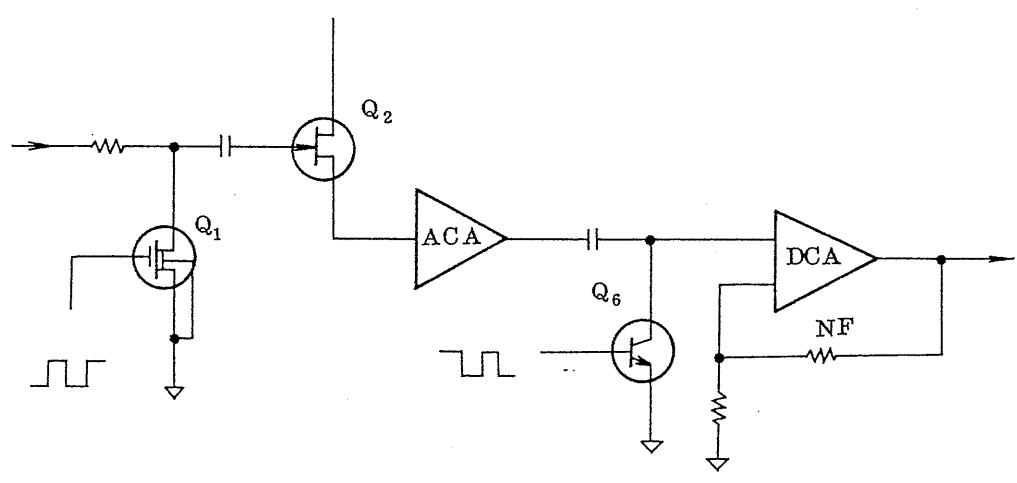
まず入力に加えられた電圧は設定されたレンジにしたがって分圧されて，高入力インピーダンスの直流増幅器に入り高出力インピーダンスをもつ電流源に変換されます。次にこの入力信号に比例する電流源と基準電源を積分し，入力に正確に比例するパルス幅をパルス変換器により発生し，基準パルスとの比を求め，その値を記憶回路を通じて表示部に送り，10進4桁の表示を行ないます。

4.2　分圧器，標準抵抗器

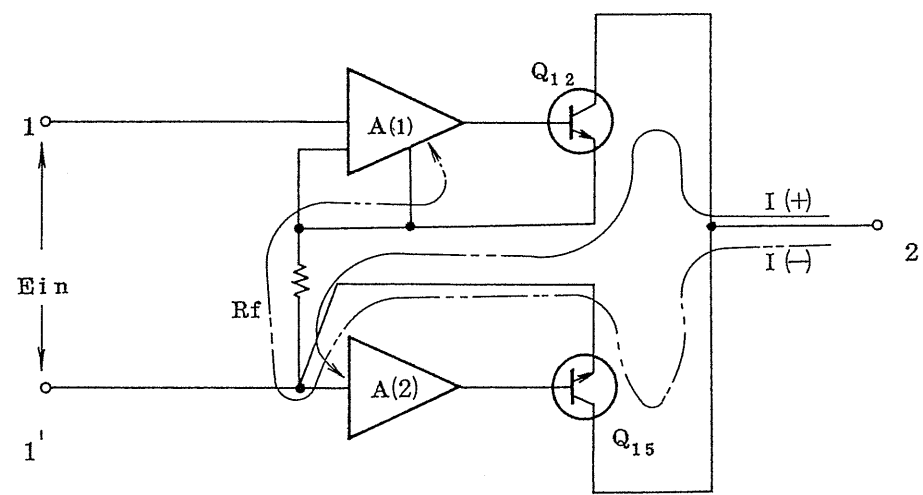
電圧測定においては入力抵抗 10MΩ 一定の分圧器を構成し3V，30V，300V，および1000Vの4レンジとなり，各レンジ共に出力抵抗はほぼ一定です。分圧器の出力はデジタルボルトメータの表示が「3000」のとき3Vが得られるようになっています。抵抗測定ではこれら分圧抵抗器が，30kΩ，300kΩ，3MΩ，30MΩ の標準抵抗器として動作し，レンジに応じた定電流電源となります。

4.3　直流増幅器

この直流増幅器は第4－2図のように高入力インピーダンスと良好な安定度を得るためにMOS FETチョッパおよび初段増幅にソースフォロワを使用した変調形増幅器と直流増幅器から構成されています。

変調形増幅器のチョッパQ_1はそのゲートを200Hzの方形波で励振し，スイッチングを行ない直流電圧を交流電圧に変換してソースフォロワQ_2でインピーダンス変換をしたのち，3段増幅します。
Q_6 は同期整流をするトランジスタで再び交流を入力の極性に応じて直流に変換します。

第4－2図

直流増幅器DCAはQ_7，Q_8による差動増幅器を使用し，Q_{10}の出力から負帰還をかけて増幅度の安定化を計っています。

次に以上に述べました直流増幅器の出力を定電流源として取り出すために第4－3図のような回路構成となっています。図においてA(1)は第4－2図全体の増幅器を，A(2)はQ_{16}による増幅器をそれぞれ示しています。

第4－3図

いまこの回路において入力端子1に正，1'に負の極性でEinが印加されるとQ_{12}のエミッタは端子1とほぼ同電位になりRfにはI(+)の電流が出力端子2よりQ_{12}を通じて図の実線のように流れ込みその電流は電流帰還により正確にEinの大きさに比例します。このときA(2)が飽和状態になりQ_{15}のコレクタ電流を遮断します。

Einが上記と逆極性のときはA(2)が動作状態になりQ_{15}が導通して点線のような方向に電流I(−)が流れQ_{12}は遮断されます。したがって端子2からはEinの絶対値に比例した電流が流入することになります。

4.4　積分．パルス幅変換器

パルス幅変換器は第4−4図のように基準電源I_R，レベル検出器A(3)，および相補形フリップフロップF.F.を使用しています。

第4−4図

Iinは4.3において述べたように入力電圧に正確に比例する電流源を表わし，F.F.はクロック発振器からのパルス80 kHzを計数器で分周して，0.1秒の周期で常にリセットパルスが加えられています。またこのF.F.がリセット状態にあるときは基準電源Isのスイッチ S が閉じ，セット状態で開きます。

ここで，まずF.F.がリセット状態のときはスイッチSが閉じ，積分コンデンサCにIinとI_Rの差電流Iが流れ，Iin < I_Rの範囲ではCの電位は上昇していきます。この電位があらかじめ規定された値になると，レベル検出器の動作によってF.F.がセットされます。セットされるとSは開放され，Iinのみが次のリセット状態まで積分されCの電位はもとの値まで下降していきます。以上の動作が1秒間に10回繰返されIinに比例したパルス幅の出力がF.F.より得られます。

いまF.F.がリセットからセット状態になるまでの期間をTx，リセット周期をTとすると次式が成立します。

$$\frac{I_R - I_{in}}{I_{in}} = \frac{T - T_x}{T_x} \qquad (1)$$

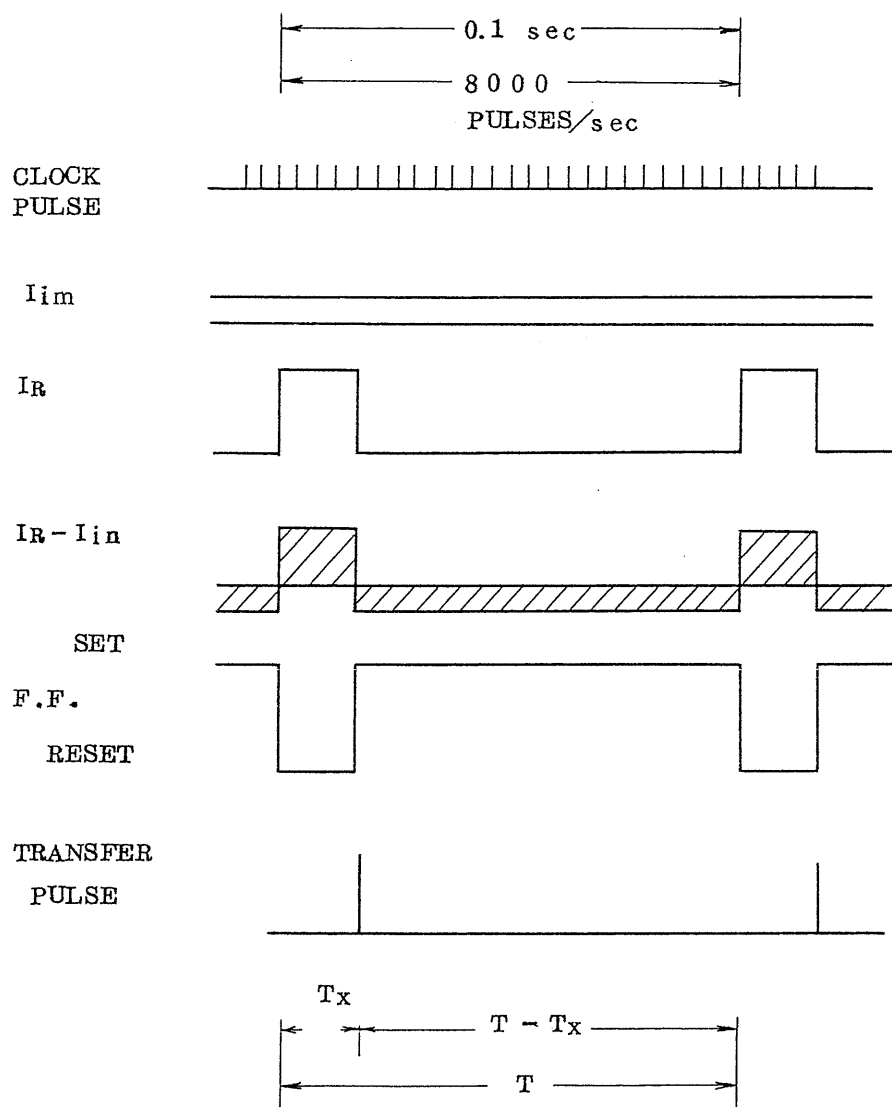
(1)式より

$$\frac{I_{in}}{I_R} = \frac{T_x}{T} \qquad (2)$$

したがって変換されるパルス幅T_xは

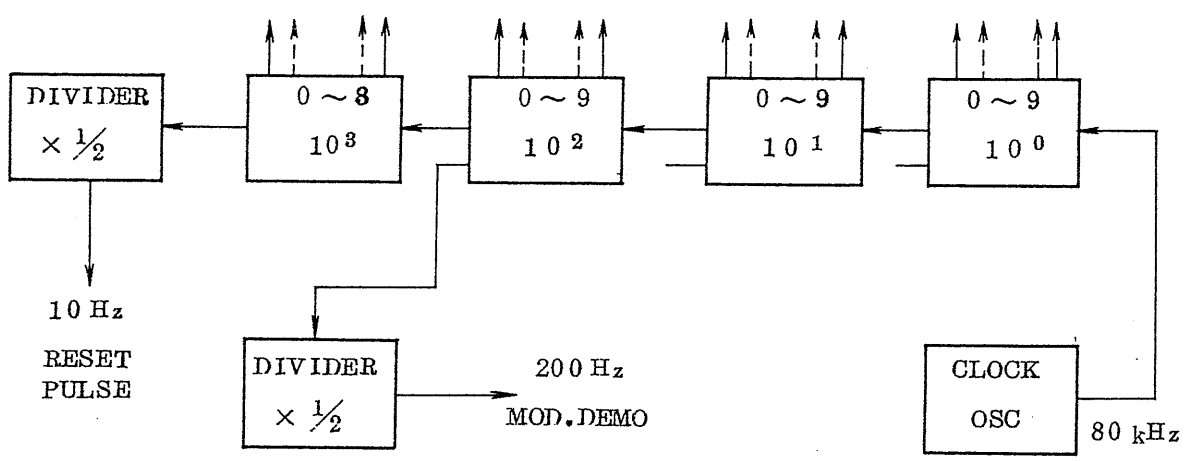
$$T_x = I_{in} \cdot \frac{T}{I_R} \qquad (3)$$

となり，(3)式はパルス幅TxがIinに比例して変換されることがわかります。

一方計数器はF.F.リセットのとき各桁は「0000」となり30 kHz をカウントアップして8000パルスでオーバフローし再び「0000」になる動作を繰返しています。この計数動作中にセットパルスがF.F.より生じると，その瞬間に計数器の値は記憶部に転送されて，10進4桁でデジタル表示されます。以上の動作をタイムチャートにしたものが才4－5図です。

才4－5図

4.5　計数器とその周辺

計数器とその周辺の構成を才4－6図および才4－7図に示します。

才4－6図

才4－6図において，クロック発振器にはアステーブルマルチバイブレータを使用し80 kHzを発生させて計数信号にしています。計数器は10進の1位から100位までは同一の回路を用い，1000位は0～3までの計数を行ないます。10 HzのF.F.リセットパルスは1000位の計数器出力を，200 Hzのチョッパおよび同期整流駆動信号は100位の400 Hzをそれぞれ1/2に分周して得ています。

各桁の計数器は才4－7図に示してある転送ゲート，記憶回路，ダイオードマトリックスおよび表示回路が接続されています。

いま計数器が測定中にある値になったとき，転送パルスがゲートに加えられると，その瞬時における計数値が記憶回路に貯えられます。この値は2進の8－4－2－1コードですのでマトリックス回路により10進数に符合変換され，トランジスタスイッチで表示放電管を点灯させます。

DISPLAY

DIODE MATRIX

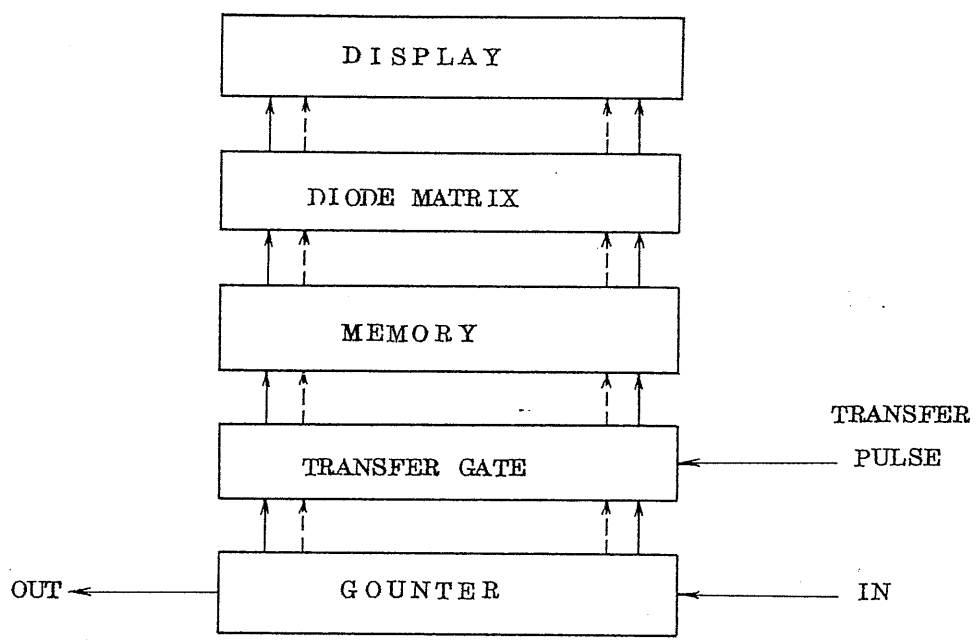
MEMORY

TRANSFER GATE

TRANSFER PULSE

GOUNTER

OUT

IN

才4－7図

8－4－2－1コードの計数器は才4－8図のようにF.F.をカスケードに4段接続してF.F.(D)よりF.F.(B)のJ端子へフィードバックさせ，10進の計数器を構成しています。才4－1表は各F.F.の出力状態を示したものです。

A　B　C　D

f

T　1　0

J　1　T　0

T　1　0

T_J　1　T_K　0

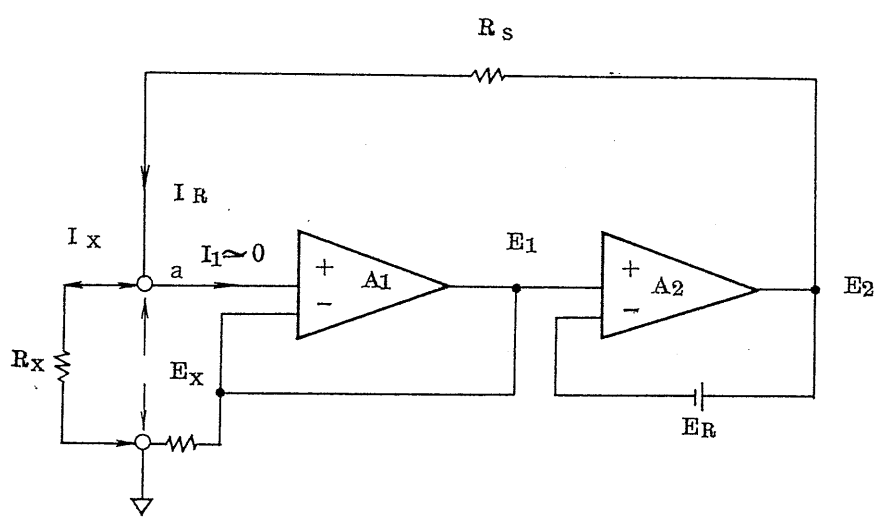
f/10

才4－8図

F.F. / 10進数	A 1	B 2	C 4	D 8
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	0	1
9	1	0	0	1

才4-1表

4.6　抵抗測定回路

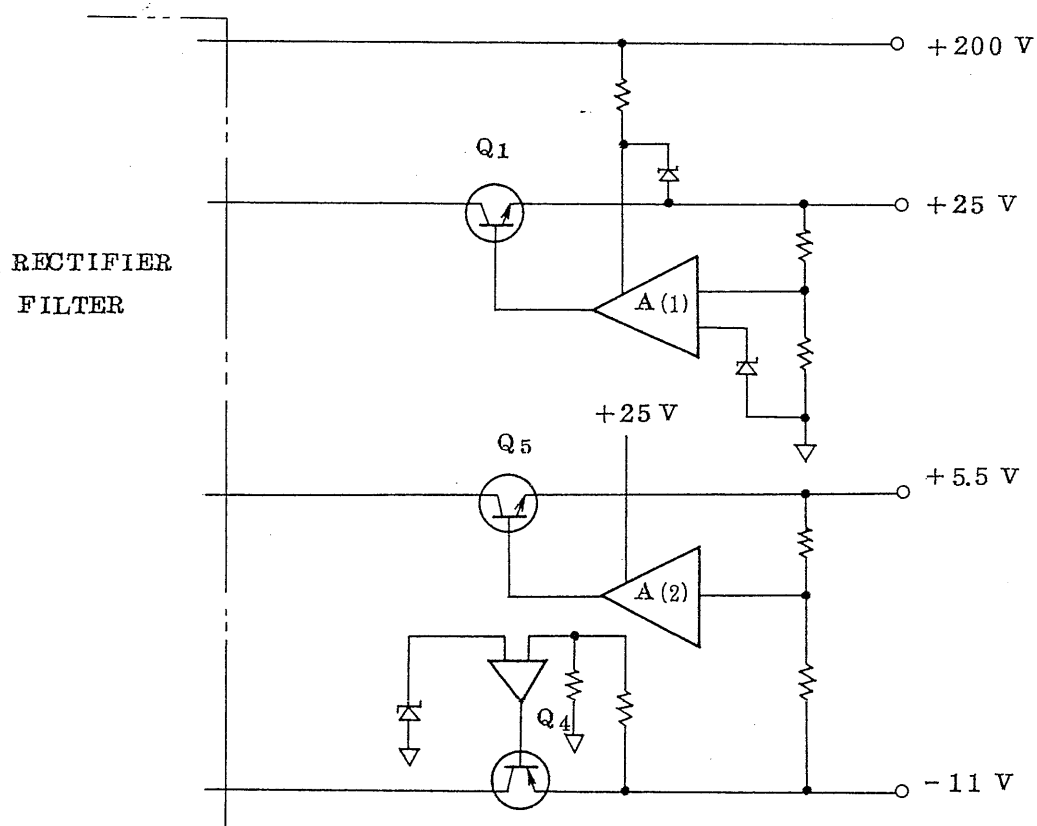
抵抗測定回路は抵抗測定レンジ 3 KΩ～30 MΩ に応じて，0.1 μA～1 mAの定電流電源より被測定抵抗に電流を流し，その端子電圧を測定します。オ4－9図は測定回路の原理を示したものです。

オ 4－9 図

上図においてA1は電圧測定用のチョッパ増幅器，A2は被測定抵抗Rxに定電流を供給する直流増幅器，ERは定電流回路の基準電圧になっています。いま抵抗測定端子に抵抗Rxを接続したとき，端子電圧がExとすると，A1の出力電圧E1はExとなります。またA2の出力電圧E2は出力より図のような極性の電源が直列に入ってA2に負帰還されているため，Ex＋ERとなります。したがってA1 A2が共に線形の範囲で基準抵抗Rsの両端子電圧は $(E_X + E_R) - E_X = E_R$ となりRsには $I_R = E_R/R_S$ の電流が流れることになります。

一方入力端子 a については $I_R = I_X + I_1$ が成立し，A1の入力インピーダンスがRxに対して非常に大きく設計されていますので，$I_1 = 0$ とします。すなわち $I_R = I_X$ ・ $I_X = E_R/R_S$ となり，抵抗Rxに関係なく定電流を供給することができます。

4.7 電 源

本機内で使用されている電源は＋200 V（非安定化），定電圧電源＋25 V，＋5.5 V，および－11 Vで才4－9図のように各回路が構成されています。

才 4－9 図

これらの回路で＋200 Vおよび－11 Vの電源はそれぞれ単独で動作していますが＋25 V，および＋5.5 Vは他の電源回路と動作上の関連があります。
＋25 V電源は誤差増幅器A(1)のバイアス電圧を＋200 Vより供給してあります。
＋5.5 V電源は－11 Vから基準電圧を，増幅器のバイアスを＋25 Vより得ています。

5. 保　　守

5.1 ケースのはずし方

電源を切り安全を確認の上，ケース背面の四隅にあるトラスネジ4本をはずしフロントパネル前方へ静かに引き出します。

5.2 配　　置

本器の主な構成部品の配置は才5−1図に示してあります。

才5−1図

プリント基板はA_1よりA_9まで計9板ありそれぞれ次のように使い別けられています。この中で$A_{5\cdot 6\cdot 7}$は同一種の基板となっています。

A_1	電源部	+200V，+25V，+5.5V，−11V
A_2	分圧器	
A_3	直流増幅器，積分パルス幅変換器	
A_4	計数器〜表示部	1000位，（0〜8）
A5		100位，（0〜9）
A6		10位，　〃
A7		1位，　〃
A8	極性，オーバレンジ表示	
A9	オームコンバータ	

クロック発振器の周波数調整

プリント基板A4のコネクタピン番号20エレクトロニックカウンタを接続して80kHz ±0.1%以内になるようR_{43}を調整します。この周波数は若干ずれても本器の動作は異状にはなりませんが，商用電源周波数に対するリジェクションが劣化します。

+25V電源の調整

プリント基板A_1のコネクタピン番号6とGND端子ピン番号7にDC電圧計を接続して+25V±1%以内になるようR_6を調整します。なおこの調整は本器を校正する前に必ず確認して下さい。

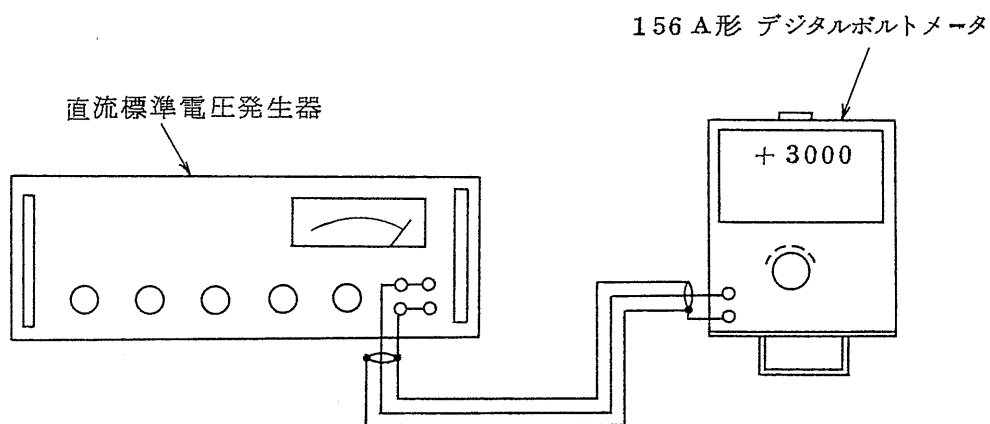
−11V電源の調整

プリント基板A1のコネクタピン番号9とGND端子ピン番号7にDC電圧計を接続して−11V±1%以内になるようにR_{12}を調整します。

5.4 校　正

本器の確度を長期にわたって維持する場合は定期的に点検校正を行なうことをお勧めいたします。校正にあたっては校正精度の点から 25 ℃ 付近で周囲温度の変化が少ない所で作業を行ないます。

直流電圧レンジの校正

オ 5－2 図は校正の一例を示したもので，ここで用いる直流標準電圧発生器は確度 0.02 %以上のもので次の順序で行ないます。

オ 5－2 図

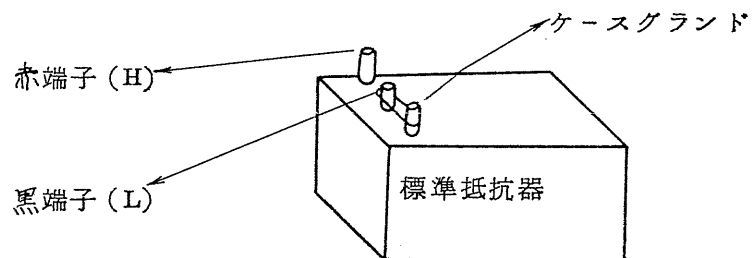
1. 本器の電源を投入して約 1 時間以上の予熱時間をおきます。
2. 電源回路および各部の電圧を点検（5－5 を参照して下さい。）し，正常動作の確認を行ないます。
3. 直流標準電圧発生器の出力端子を本器の入力端子に接続します。
4. 電圧発生器を＋3,000 V にセットし，本器を 3 V レンジに設定します。
5. A_3 プリント基板の R_{43} を調整して表示を＋3000 に合わせます。
6. 本器を 30 V レンジにしてプリント基板 A_2 の R_8 を調整して＋30.00 に合わせます。
7. 本器を 300 V レンジにして R_9 を調整して ＋300.0 に合わせます。
8. 本器を 1000 V レンジにして R_{10} を調整して＋1000 V に合わせます。
9. 次に再び 3 V レンジにして－3.000 V を加え，0.1 %±1 digit 以内になることを確認します。

抵抗レンジの校正

抵抗レンジの校正は前述した電圧レンジの校正した後に次の手順で行ないます。

1. レンジスイッチを3 kΩレンジに切換え，測定端子に標準抵抗器3 kΩ（確度0.02 %以上）を接続して表示が3.000 kΩになるようR5を調整します。
2. 次に30 MΩレンジに切換え，測定端子に標準抵抗器30 MΩを接続して表示が30.00 MΩになるようR9を調整します。このとき30.00 MΩに調整できないときはR4により調整して，再び3 kΩを調整します。このR4は3 kΩおよび30 MΩレンジの両方が調整できる値にセットします。
3. 30 kΩ，300 kΩ，3 MΩレンジはそれぞれ30 kΩ，300 kΩ，3 MΩの標準抵抗器を接続して，R6，R7，R8を合わせます。

注　意

とくに高抵抗のレンジの校正の場合は誘導による誤差を生じ易いので，必ず才5－3図のようにロー・インピーダンス側を黒端子に

才5－3図

ハイ・インピーダンス側を赤端子に絶縁の良好なリード線を用いて接続して下さい。

5.5 点検および修理

本機の点検および修理については「4.動作原理」の章を参考にして下さい。なお下記の測定電圧はとくに指定のない限り電源のGNDを基準にして測定した一例です。

本機の操作状態は3Vレンジで入力短絡「HOLD」はOFFの位置にしておきます。

1）電源部（プリント基板A1）

テストポイント	直流電圧	リップル
1	+39 V	3 Vp-p
3	−23 V	1.5 Vp-p
2	+ 9.5 V	1 Vp-p

コネクタピン番号		
2	+192 V	20 Vp-p
	+25.0 V	4 mVp-p
9	− 11 V	9 mVp-p
14	+ 5.5 V	15 mVp-p

＊ なおこの測定値は次のような測定器を用いた場合の例です。

オシロスコープ　DC～15 MHz，ローキャパシタンスプローブ付（10 MΩ　7 pF）

電　圧　計　　DCV 入力抵抗：11 MΩ

2）直流増幅器，積分パルス幅変換器（プリント基板 A_3 ）

テストポイント

テストポイント	波形・電圧		備考
1	+1 V / 0 V / −9 V		T＝5 ms
2	+5.5 V / 0 V / −4.2 V		T＝5 ms
3	+6 V / 0.4 Vp−p		
4		5 mV p−p	T＝100 ms
5	+12.5 V		
6	+25 / 0 V		T＝100 ms t＝8 μs

コネクタピン番号

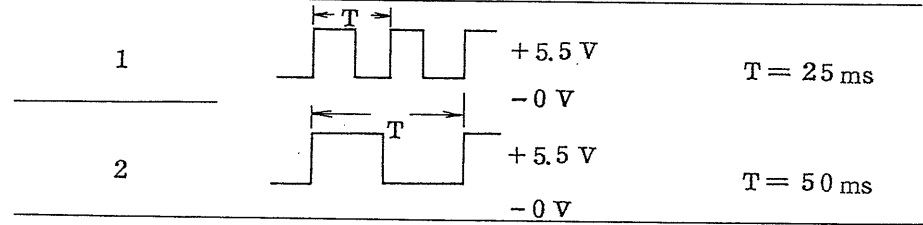
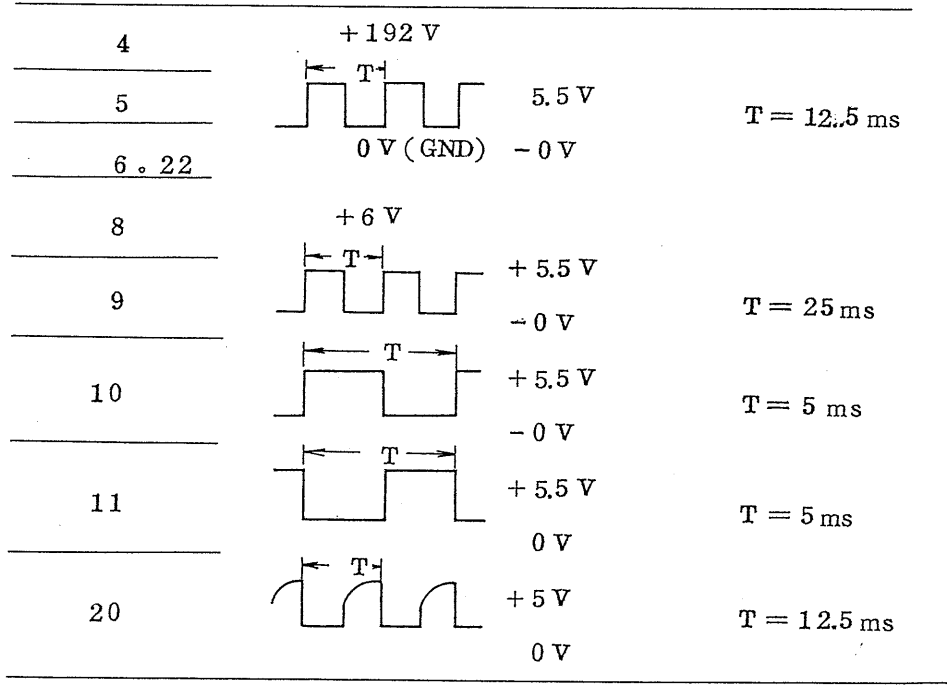
ピン		電圧		
1．14		0 V		
4		+5.5 V		
5		−11 V		
7	+10mV入力のとき（1 Vレンジ）	+21 V	−10mV入力のとき（1 Vレンジ）	+0.03 V
8		+0.06 V		+11.7 V
10				T＝0.4 sec t＝1 μS
6.13		+25.0 V		

3）計数器（10^3位）．クロック発振器（プリント基板 A_4）

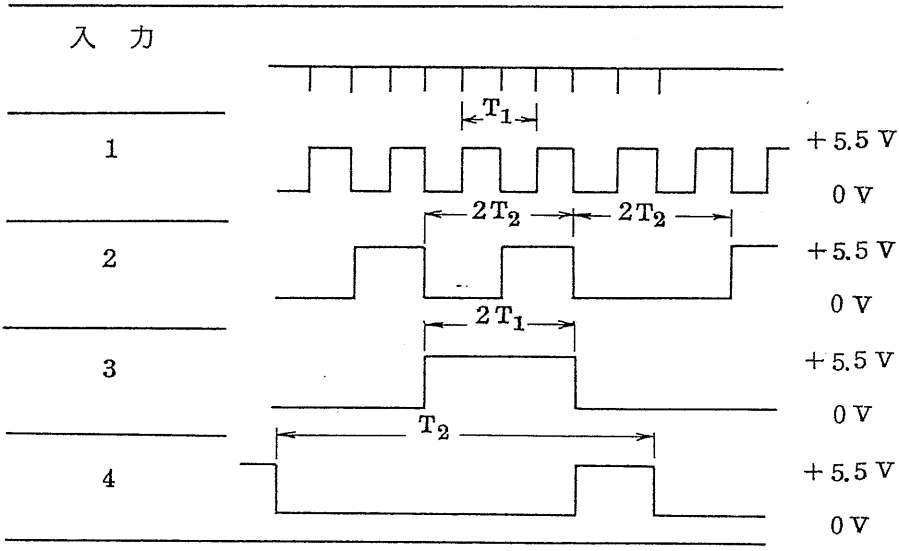
テストポイント

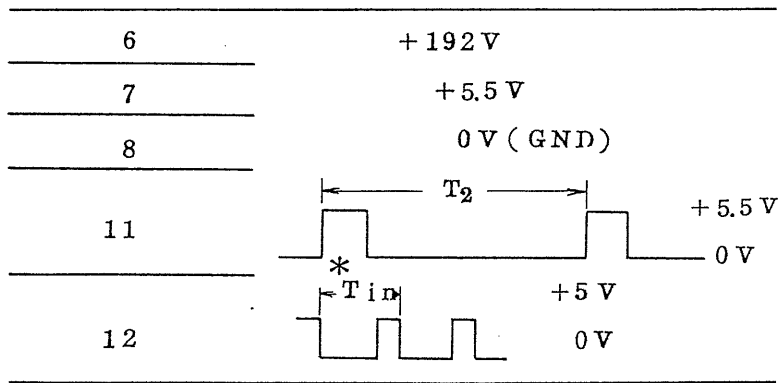
1	+5.5 V / −0 V		T＝25 ms
2	+5.5 V / −0 V		T＝50 ms

コネクタピン番号

4	+192 V		
5	0 V（GND）	5.5 V / −0 V	T＝12.5 ms
6 。22			
8	+6 V		
9		+5.5 V / −0 V	T＝25 ms
10		+5.5 V / −0 V	T＝5 ms
11		+5.5 V / 0 V	T＝5 ms
20		+5 V / 0 V	T＝12.5 ms

4 ）計数器（10^2　$10/10^0$位）プリント基板A_5，6，7

テストポイント

入　力		
1	T_1	＋5.5 V / 0 V
2	$2T_2$　$2T_2$	＋5.5 V / 0 V
3	$2T_1$	＋5.5 V / 0 V
4	T_2	＋5.5 V / 0 V

桁	T_1	T_2	＊Tin
10^0	25 μs	125 μs	12.5 μs
10^1	250 μs	1.25 ms	125 μs
10^2	2.5ms	12.5 ms	1.25 ms

コネクタピン番号

＊　上図の波形は模型的に示したもので，実測される立上り時間は無視してあります。

5）オームコンバータ（プリント基板 A9）

下記の電圧はレンジスイッチを3kΩレンジに切換え測定端子を短絡した状態でとくに指定のない限り電線のグランド（0V）を基準にしたものです。

コネクタピン番号

1	0 V
2	+25 V
3	+ 0.6 V
5	+ 1.6 V
6	+11 V
7～8間	AC 41 V